

RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU PADA PROSES PENGOMPOSAN SAMPAH BERBASIS MIKROKONTROLER Atmega8

Wahyuananto Agung Nugroho, Joko Prasetyo, Musthofa Luthfi

Jurusan Keteknikan Pertanian FTP, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran No.1 Malang 65154

Abstract

Compost is organic materials like leaves, straws, reeds, grasses, and even the animal faces which have experienced decomposition process by micro organism so can be used to repair the nature of soils. The aims of this research are (1) Designing Temperature Controller system by using LM35 temperature Censor with Atmega8 microcontroller, (2) Designing and constructing software using C language program to control temperature automatically, (3) Testing temperature controller device at composting machine. Research parameters include censor calibrating, microcontroller testing, and whole device testing. The research conduction got the result for temperature sensor 1, 2, 3, and 4 used LM35 censor at range 25°C – 70°C. Linear regression for censor 1: $y = 0.098x + 2.059$ determination coefficient score is 0,996. Linear regression for censor 2: $y = 0.101x + 0.876$ determination coefficient score is 0,995. Linear regression for censor 3 and 4: $y = 0.098x + 2.059$ with determination coefficient = 0,996. From the whole device testing, first step intake of temperature data, 30 minutes interval for 3 days: deviation score 1st day = 0.98, 2nd day = 0.906, and 3rd day = 0.937. Controlled temperature composting needs less time and produce less stink than composting without temperature control.

Keywords : *composting, controlling, microcontroller, temperature.*

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah (limbah padat) merupakan masalah klasik yang kerap terjadi di daerah perkotaan. Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi selalu berbanding lurus dengan tingkat konsumsi dan aktivitas masyarakat, menyebabkan jumlah sampah yang dihasilkan juga semakin tinggi. Pengelolaan sampah pasar yang saat ini banyak diterapkan di beberapa kota di Indonesia sebagian besar masih terbatas pada sistem 3P (Pengumpulan, Pengangkutan, dan Pembuangan). Sampah dikumpulkan dari sumbernya, kemudian diangkut ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan akhirnya dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Semestinya, fungsi TPA bukan hanya merupakan tempat pembuangan akhir saja tetapi dapat menjadi tempat pengelolaan sampah yang dapat mengolah sampah sehingga menghasilkan nilai lebih. Salah satu upaya mengatasi permasalahan sampah pasar adalah dengan

melakukan daur ulang sampah organik dengan penekanan pada proses pengkomposan.

Di lingkungan alam terbuka, proses pengomposan bisa terjadi dengan sendirinya. Lewat proses alami rumput, daun-daunan, dan kotoran hewan serta sampah lainnya lama kelamaan membusuk karena adanya kerja sama antar mikroorganisme dengan cuaca. Proses pengomposan sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : 1. Kelembaban/kadar air, 2. Konsentrasi oksigen, 3. Temperatur, 4. Perbandingan C/N Ratio, 5. Derajat Keasaman. Proses tersebut bisa dipercepat oleh perlakuan manusia, yaitu dengan menambahkan mikroorganisme pengurai sehingga dalam waktu singkat akan diperoleh kompos yang berkualitas baik.

Pada penelitian ini menggunakan mesin pengompos tipe rak. Mesin ini menitikberatkan pada sistem sirkulasi udara, dimana udara dapat bergerak tidak hanya pada permukaan sampah tapi juga bergerak

di bawah rak sampah. Tujuan dari sirkulasi udara yang lancar dapat mempercepat pengomposan dan menghindari bau yang tidak sedap yang ditimbulkan oleh sampah. Salah satu upaya untuk mempercepat proses pengomposan adalah dengan menjaga kestabilan suhu optimum pada saat proses dengan menggunakan sistem pengontrol suhu. Diharapkan dengan perlakuan tersebut proses pengomposan yang secara konvensional membutuhkan waktu antara 1-3 bulan bisa lebih dipersingkat. Pada penelitian ini alat pengontrol temperatur adalah dengan menggunakan sensor LM 35 dan Mikrokontroler ATmega8.

TINJAUAN PUSTAKA **Proses Pengomposan**

Menurut Unus (2002) kompos adalah hasil dekomposisi parsial/tidak lengkap, dipercepat secara artifisial dari campuran bahan-bahan organik oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik [1]. Yang perlu diperhatikan dalam proses pengomposan adalah :

- a. Kelembaban timbunan bahan kompos. Kegiatan dan kehidupan mikroba sangat dipengaruhi oleh kelembaban yang cukup, tidak terlalu kering maupun basah tergenang.
- b. Aerasi timbunan. Aerasi berhubungan erat dengan kelengasan. Apabila terlalu anaerob mikroba yang hidup hanya mikroba anaerob saja, mikroba aerob mati atau terhambat pertumbuhannya.
- c. Temperatur. Temperatur harus dijaga tidak terlampau tinggi (maksimum 55°C). Selama pengomposan selalu timbul panas sehingga bahan organik yang dikomposkan temperaturnya naik. Pada temperatur lebih dari 55°C umumnya mikroba mati atau sedikit sekali yang hidup.
- d. Suasana. Proses pengomposan kebanyakan menghasilkan asam organik, sehingga menyebabkan pH turun. Pembalikan timbunan mempunyai dampak netralisasi kemasaman.

Pengomposan dengan Kondisi Terkontrol

Dengan mengetahui bahwa kualitas kompos sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan, sedangkan proses pengolahan kompos sendiri sangat dipengaruhi oleh temperatur dan perbandingan C dan N bahan baku, maka untuk menentukan standarisasi kompos adalah dengan standarisasi proses pembuatan kompos serta standarisasi bahan baku kompos, sehingga diperoleh kompos yang memiliki standar tertentu. Setelah standar campuran bahan baku kompos dapat dipenuhi yaitu temperatur ideal $40^{\circ}\text{C} - 43^{\circ}\text{C}$ dan mempunyai perbandingan C/N bahan baku 30 : 1, masih terdapat hal lain yang harus diperhatikan selama proses pembuatan kompos itu berlangsung, yaitu harus dilakukan pengendalian terhadap: (1) Temperatur, (2) Kelembaban, (3) Derajat Keasaman [2].

Sistem Kontrol

Otomatisasi, robotisasi, atau kontrol numerik merupakan pemanfaatan sistem kontrol seperti halnya komputer yang digunakan untuk mengendalikan mesin-mesin industri dan kontrol proses untuk menggantikan operator tenaga manusia. Sistem otomatisasi dapat diartikan sebagai sistem dengan mekanisme kerja dikendalikan oleh peralatan elektronik (*electronic hardware*) berdasarkan urutan-urutan perintah dalam bentuk program perangkat lunak (*electronic software*) yang disimpan dalam unit memori kontroler elektronik [3].

Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler ATmega8 adalah mikrokontroler AVR 8 bit buatan ATMEL yang memiliki arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*). Instruksi dikemas dalam kode 8 bit dan dijalankan hanya dengan satu siklus *clock*. Struktur I/O yang baik dengan sedikit komponen tambahan diluar. Fasilitas internal yang terdapat pada mikrokontroler ini adalah *oscillators*, *timers*, UART, SPI, *pull-up resistors*, *pulse width modulation* (PWM), ADC dan *watch-dog timers* [4].

Beberapa dari mikrokontroler ATMEL AVR mempunyai ADC internal dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-sistem Programmable flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram berulang-ulang dalam sistem menggunakan serial SPI. Menurut Budiharto (2008), kelebihan dari ATmega8 sehingga digunakan sebagai kontrol utama adalah [5]:

- 1) Mempunyai performa yang tinggi (berkecepatan akses maksimum 8 MHz) dan hemat daya.
- 2) Memori untuk program flash cukup besar yaitu 8 Kilobyte
- 3) Memori internal SRAM sebesar 1 Kilobyte
- 4) EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi
- 5) Port komunikasi SPI
- 6) Komunikasi serial standar USART
- 7) Tersedia 3 chanel *timer/counter*

Analog To Digital Converter

Analog to Digital Converter (ADC) merupakan salah satu bagian dari Mikrokontroler ATmega8/8L yang berada pada Port C. Bagian ini berfungsi untuk mengkonversi sinyal yang berupa analog kedalam bentuk sinyal digital atau besaran yang dapat dibaca oleh komponen elektronik. Menurut Winoto (2008) ADC mempunyai karakteristik sebagai berikut [6]:

1. Resolusi mencapai 10-bit
2. 0.5 LSB (*Least Significant Bit*) *internal Non-Linearity*
3. Waktu konversi 13-260 μ s
4. 8 saluran ADC yang dapat digunakan secara bergantian
5. *Optional left Adjustment* untuk pembacaan hasil ADC
6. 0-Vcc *range* input ADC
7. Disediakan 2.56V tegangan referensi internal ADC
8. Interupsi ADC *complete*

Sinyal input ADC tidak boleh melebihi tegangan referensi. Nilai digital sinyal input ADC untuk resolusi 10-bit (1024) adalah :

$$\text{Kode digital} = (\text{Vinput} / \text{Vref}) \times 1024$$

Untuk resolusi 8-bit (256) :

$$\text{Kode digital} = (\text{Vinput} / \text{Vref}) \times 256$$

Misalnya input suatu pin ADC dengan resolusi 8-bit adalah 2.5 V dan tegangan referensi yang digunakan Vref internal sebesar 2.56 sehingga kode digitalnya adalah :

$$\text{Kode digital} = (2500 \text{ mV} / 2560 \text{ mV}) \times 256 = 250 = \text{oxFA}$$

Akurasi ADC dalam chip tidak sempurna, akurasinya ± 2 LSB sehingga kemungkinan kode yang dihasilkan tidak tepat oxFA bisa jadi oxF8, oxF9, oxFB, atau oxFC [6].

Bahasa C

Bahasa C mempunyai kemampuan lebih dibanding dengan bahasa pemrograman yang lain. Bahasa C merupakan bahasa pemrograman yang bersifat *portabel*, yaitu suatu program yang dibuat dengan bahasa C pada suatu komputer akan dapat dijalankan pada komputer lain dengan sedikit (atau tanpa) perubahan yang berarti. Beberapa program paket yang beredar seperti *dBase* dibuat dengan menggunakan bahasa C, bahkan sistem Operasi UNIX juga dibuat dengan menggunakan bahasa C. Bahasa C sesungguhnya merupakan bahasa pemrograman yang serbaguna yang pemakaiannya tidak terbatas untuk pemrograman sistem, namun juga dapat digunakan untuk aplikasi bisnis, matematis maupun *game*, bahkan untuk aplikasi kecerdasan buatan. Dalam beberapa literatur, bahasa C digolongkan sebagai bahasa tingkat menengah (*medium level language*) [7].

Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. Menurut Wasito (2004)^[8] LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga

dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan [8].

Tiga pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius*

Decoder BCD (*Binary Code Decimal*) 7447

Dalam banyak kasus, kita harus menampilkan bilangan desimal pada *seven-segment* dari bermacam sistem bilangan agar mudah dipahami pengamat. Karenanya diperlukan suatu *dekoder* yang berfungsi untuk menyandikan nilai dari berbagai sistem bilangan menjadi bentuk bilangan yang dipahami oleh *seven-segment*.

Dekoder 7447 merupakan suatu *dekoder BCD (Binary Code Decimal)* ke *seven-segment*. *Dekoder* ini mempunyai 4 jalur masukan dan 7 jalur keluaran dalam keadaan aktif rendah (LOW). Gambar 4 menunjukkan konfigurasi pin-pin dari *dekoder 7447* [9].

Seven-Segment Display

Light-Emitting Diodes (LED) merupakan suatu bahan semikonduktor yang memiliki karakteristik sama dengan dioda biasa, tetapi LED juga memancarkan cahaya ketika bekerja. Dalam operasi normal, dioda hanya akan menghantar bila tegangan positif diberikan antara kaki anoda dan katoda-nya (*forward biased*). Sebaliknya bila tegangan negatif yang diberikan antara kaki anoda dan katoda (*reverse biased*), maka dioda tidak akan menghantar [8].

LED tersedia dalam beberapa variasi warna, yaitu merah, hijau, kuning, dan biru, dan juga tersedia dalam range infra merah (untuk keperluan remote kontrol). Semuanya diproduksi dalam kemasan yang berbeda, seperti lampu berjalan, "*bar graph*", *displays*, dan *seven segment displays*, yang digunakan untuk menampilkan angka numerik. Penampil *seven-segment* memiliki 7 LED dalam satu

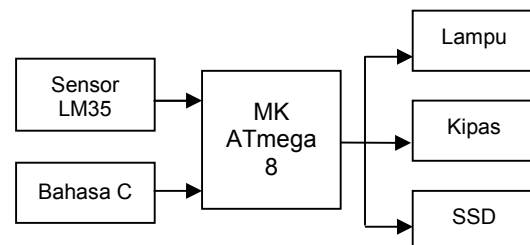
paket penampil angka. Setiap LED dapat diaktifkan masing-masing untuk menunjukkan segment dari suatu digit. Secara umum segment ditandai dengan huruf a-g. Terdapat dua tipe penampil *seven-segment*, yaitu *common anode* dan *common cathode* (Ogata, 1994)^[4].

METODE PENELITIAN

Perancangan Alat

Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok perancangan perangkat keras antara mikrokontroler ATmega8 pada alat pengontrol suhu pengomposan dengan menggunakan sensor suhu LM35 dapat dilihat pada gambar 1.



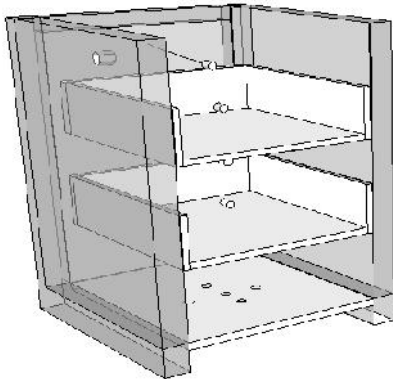
Gambar 1 – Diagram Sistem Alat

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam sistem ini menggunakan bahasa C mikrokontroler ATmega8. Langkah pertama dalam perencanaan perangkat lunak adalah menentukan bagaimana alat ini bekerja. Dengan menentukan hal tersebut, akan didapatkan suatu perangkat lunak yang dapat mengerjakan fungsi-fungsi alat yang diinginkan. Program yang diinputkan ke dalam mikrokontroler nanti berfungsi mengolah input berupa data suhu yang didapatkan dari sensor suhu LM35. Besarnya suhu yang diprogramkan yaitu 40°C-43°C. Data suhu yang oleh sensor dikonversi dalam bentuk tegangan akan diprogram ke bilangan heksadesimal melalui bahasa C dan diproses oleh mikrokontroler ATmega8. Sedangkan aktuator hasil dari program berupa lampu (*heater*), kipas (*cooler*), dan *seven-segment*.

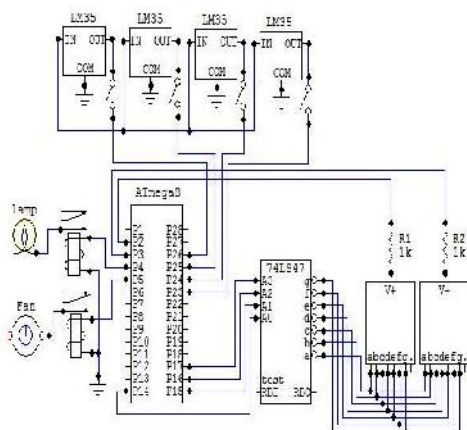
Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat dimulai dengan membuat alat pengompos yang berbentuk rak. Pada alat pengompos tersebut akan diletakkan rumah alat pe-ngontrol suhu, empat buah sensor LM35 dan beberapa *aktuator* yaitu lampu dan kipas. Adapun desainnya ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2 – Alat Pengompos Beserta Penempatan

Gambar 3 menjelaskan sistem utama pada sistem pengontrol suhu pengomposan yang diatur oleh mikrokontroler ATmega8. Input mikrokontroler ini diperoleh dari sensor LM35 untuk mendapatkan nilai suhu dari ruang pengomposan. Data dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan akan diteruskan menuju *aktuator*. Ketika suhu terlalu tinggi, maka kipas akan menyala dan lampu akan mati, sedangkan jika suhu lebih rendah dari set point maka lampu menyala kembali dan kipas akan mati.



Gambar 3 – Skema Kontrol Temperatur

Rangkaian penampil *seven-segment* berfungsi untuk menampilkan suhu ruang pengompos yang ditangkap oleh sensor 2 dan 4 yang terletak di dalam kompos dan menampilkannya dalam bilangan desimal 2 digit. Cara kerja rangkaian ini adalah memproses data output dari mikrokontroler berupa bilangan biner dan memprosesnya lagi sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk desimal oleh *seven-segment*.

Pengujian Alat dan Pengkalibrasian

Pengujian alat dikerjakan dengan cara melakukan analisis perblok, analisis keseluruhan dan analisis terhadap hasil yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian. Dalam melaksanakan analisa tersebut diperlukan beberapa instrumen ukur berupa: Termometer, Multimeter dan Power supply.

Pengkalibrasian Sensor Suhu

Pengkalibrasian suhu dilakukan dengan melakukan pengukuran suhu mulai dari suhu 25°C sampai dengan 70°C dengan menggunakan sensor LM35. Kemudian membandingkan dengan termometer raksa, dengan ketentuan bahwa setiap kenaikan 1°C maka LM35 akan menunjukkan perubahan tegangan sebesar 10 mV.

Pengujian Mikrokontroler ATmega8

Pengujian mikrokontroler pertama-tama dilakukan dengan cara memenuhi standar minimum sistemnya. Kemudian diinputkan contoh program sederhana kedalam mikrokontroler yang bertujuan untuk mengetahui apakah mikrokontroler sudah berfungsi dan bisa digunakan. Selain itu pengujian ini juga mengantisipasi kesalahan yang timbul pada saat pengisian program yang sesungguhnya.

Pengujian Unjuk Kerja Sensor Suhu

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca pada termometer air raksa dengan *seven-segment* pada rangkaian pengontrol suhu. Tujuan ini pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar perbedaan tampilan suhu antara Termometer (analog) dan *seven-segment* (digital). Selain itu alat

pengontrol yang dibuat juga bisa dikatakan sebagai termometer digital.

Pengujian Alat Secara Keseluruhan

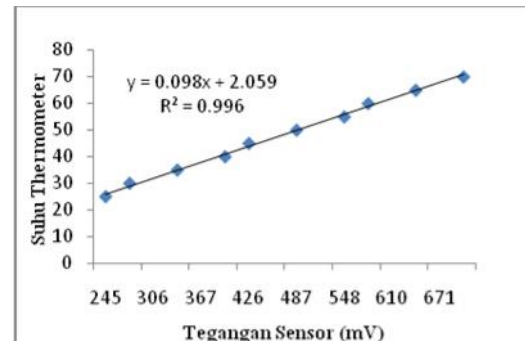
Pengujian sistem secara keseluruhan yaitu melakukan pengujian terhadap seluruh sistem dari perancangan yang telah dibuat, apakah alat pengontrol suhu ini dapat mengendalikan suhu yaitu 40°C-43°C secara konstan dan dapat mengetahui kinerja sensor dan aktuator dalam merespon perintah dari mikrokontroler..

Nilai yang tertampil pada *seven segment* merupakan besar suhu dari salah satu sensor yang diletakkan di dalam mesin. Untuk mengetahui nilai suhu pada sensor dengan cara memutus sementara saklar yang menghubungkan antara sensor dengan mikrokontroler sesuai nilai suhu pada sensor yang dikehendaki. Pengujian keseluruhan ini dilakukan setelah pengujian terhadap masing-masing blok sistem selesai. Pengujian ini dilakukan terhadap 2 mesin pengompos tipe rak yang berbeda yaitu memakai pengontrol suhu dan tidak memakai pengontrol suhu. Untuk pengambilan data suhu sampah dilakukan 2 perlakuan yaitu perlakuan pertama data suhu diambil tiap 30 menit selama 3 hari. Sedangkan perlakuan kedua data suhu diambil 1 kali sehari pada pukul 12.00 selama 21 hari. Data suhu yang dipakai adalah nilai rata-rata data suhu sampah pada rak 1 dan rak 2.

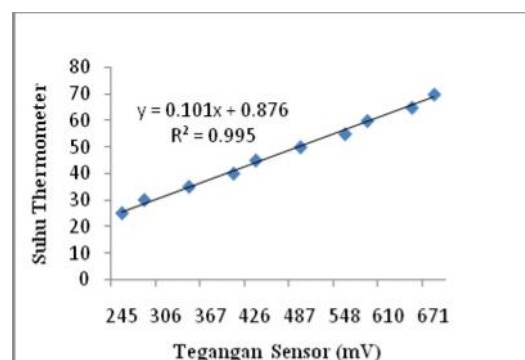
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

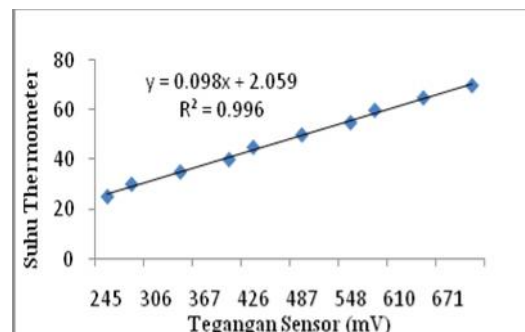
Sensor suhu LM35 dapat merespon perubahan suhu yang diterima dan merubahnya menjadi tegangan listrik sebagai keluaran. Berdasarkan pada Data Sheet Book sensor ini dapat memberikan kenaikan tegangan sebesar 10mV apabila terjadi kenaikan suhu sebesar 1 °C. Data yang diambil dari thermometer raksa kemudian dibandingkan dengan tegangan keluaran dari sensor suhu 1, 2, 3, dan 4. Dari data ini dihitung besarnya nilai penyimpangan yang terjadi pada sensor untuk mengetahui apakah sensor ini sesuai atau masih perlu dilakukan kalibrasi ulang



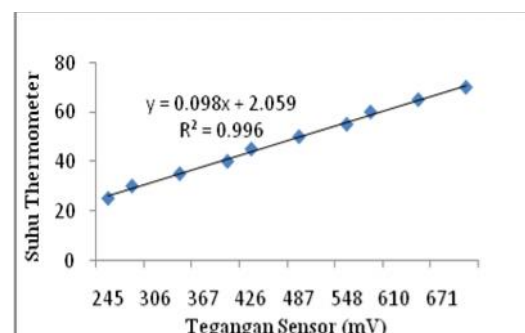
Gambar 4 – Sensor 1



Gambar 5 – Sensor 2



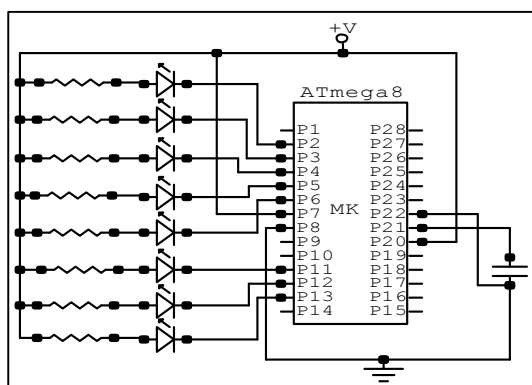
Gambar 6 – Sensor 3



Gambar 7 – Sensor 4

Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

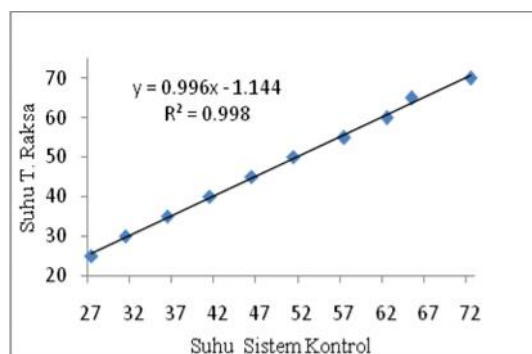
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah port-port pada mikrokontroler yang digunakan dapat berjalan dengan baik dan mengantisipasi kesalahan yang timbul pada saat pengisian program yang sesungguhnya. Dilihat pada gambar 8, pengujian ini kaki-kaki pada port D dihubungkan dengan LED. Dalam keadaan normal port berlogika 1 (LED mati). Pada saat port diberikan logika 0, maka LED menyala. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa mikrokontroler dapat dijadikan sebagai output



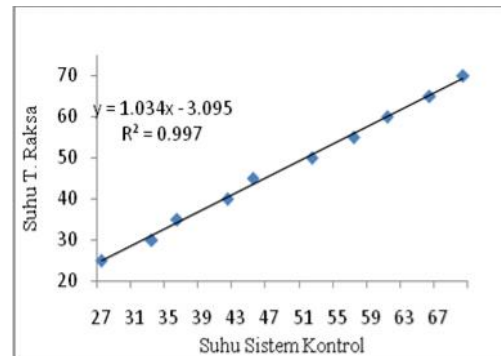
Gambar 8 – Rangkaian MK sebagai Output

Kalibrasi Unjuk Kerja Sensor Suhu

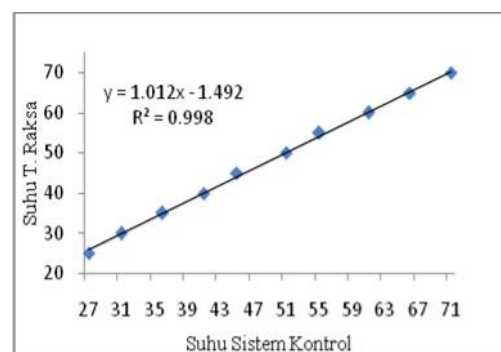
Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca pada thermometer air raksa dengan *seven-segment* pada rangkaian. Tujuan lain dari unjuk kerja sensor ini adalah untuk mengetahui apakah alat ini sesuai dan layak diaplikasikan sebagai thermometer digital. Pengkalibrasian alat merupakan inti dari tujuan pengujian ini.



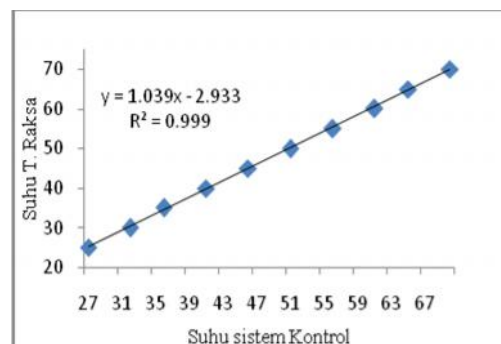
Gambar 9 – Sensor 1



Gambar 10 – Sensor 2



Gambar 11 – Sensor 3



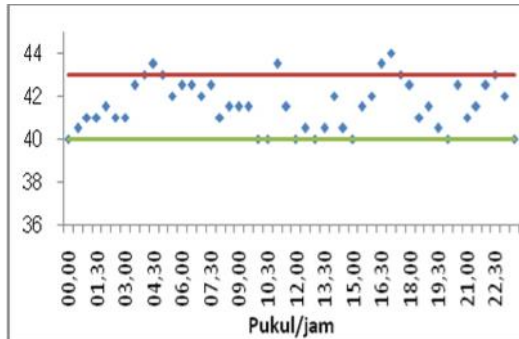
Gambar 12 – Sensor 4

Pengujian Alat Secara Keseluruhan

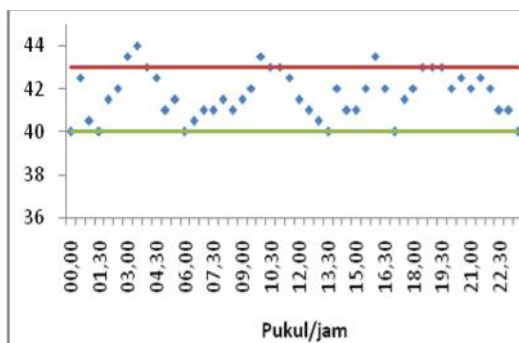
Pengambilan Suhu Tahap Pertama

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat pengontrol suhu sebelum diaplikasikan dalam jangka panjang. Pengambilan data dilakukan tiap interval 30 menit selama 72 jam atau 3 hari. Data suhu yang diperoleh berasal dari nilai yang ditampilkan di *seven segment* pada saat waktu pengambilan data yaitu setiap 30 menit. Jadi jumlah total pengambilan data

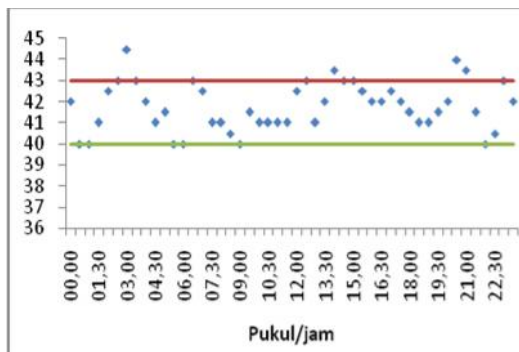
suhu mulai pukul 00.00 sampai 23.30 adalah sebanyak 48 data suhu.



Gambar 13 – Hari ke-1



Gambar 14 – Hari ke-2

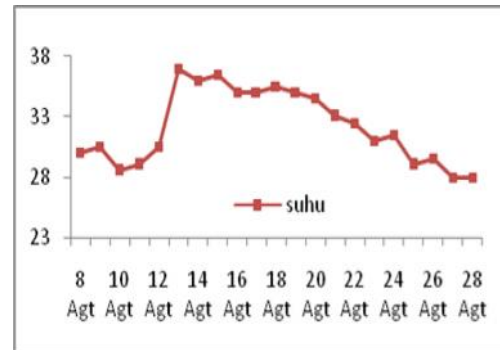


Gambar 15 – Hari ke-3

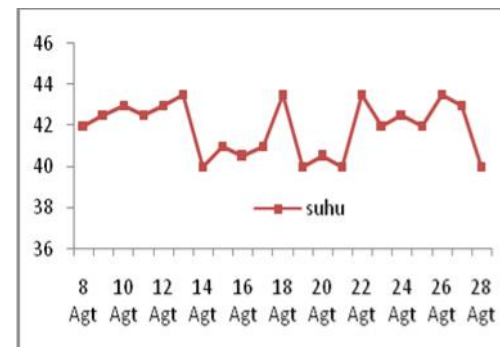
Pengambilan Data Suhu tahap Dua

Data suhu yang diambil adalah suhu sampah pada rak 1 dan rak 2 kemudian diambil nilai rata-rata. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan suhu dan pengaruhnya terhadap kematangan kompos antara pengomposan kondisi suhu terkontrol dan tidak. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sementara bahwa

waktu yang diperlukan untuk mengomposkan sampah pasar adalah selama 21 hari. Sehingga pengambilan data tahap kedua ini juga berlangsung selama 21 hari.



Gambar 16 – Tanpa Kontrol Suhu



Gambar 17 – Menggunakan Kontrol Suhu

KESIMPULAN

Hasil perancangan dan pembuatan alat pengontrol suhu pada proses pengomposan sampah pasar berbasis Mikrokontroler ATmega8, disimpulkan bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik dan bisa diaplikasikan. Hal ini didasari dengan nilai-nilai penyimpangan yang kecil dan pengendalian suhu sesuai dengan *set point* yaitu 40°C-43°C

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Unus, Suriawiria. 2002. Pupuk Organik Kompos dari Sampah, Bioteknologi Agroindustri. Humaniora Utama Press : Bandung.

-
- [2] Suryani, M. Ahmad R., dan Mudi R. 1997. *Lingkungan Sumber Daya Alam dan Kependudukan Dalam Pembangunan*. Universitas Indonesia Press : Jakarta.
- [3] Ogata, Katsuhiko. 1994. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, diterjemahkan oleh Edi Leksono. Erlangga : Jakarta
- [4] ATMEL Corporation. 2010. *ATmega8 and ATmega8L Data Sheet*. (<http://www.atmel.com/electronic-atmega-sd-card.php> yang diakses pada 02/02/2010. pukul 15:19:46 WIB).
- [5] Budiharto, Widodo. 2008. *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega8*. PT Elex Media Komputindo : Jakarta.
- [6] Winoto, Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR ATmega8 / 32 / 16 / 8535 dan Pemrogramanya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Penerbit Informatika: Bandung.
- [7] Rinaldi, Munir. 2000. *Algoritma dan Pemrograman*. Penerbit Informatika : Bandung.
- [8] Wasito. 2004. *Komponen Elektronika*. Bina Tjipta : Bandung.
- [9] Hamonangan, Aswan. 2009. *Komponen Elektronika*. <http://www.electroniclab.co.id> yang diakses pada 19/02/2010 jam 15:19:46 WIB.